

9

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-142436

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

H02K 41/03

(21)Application number : 2000-340369

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 02.11.2000

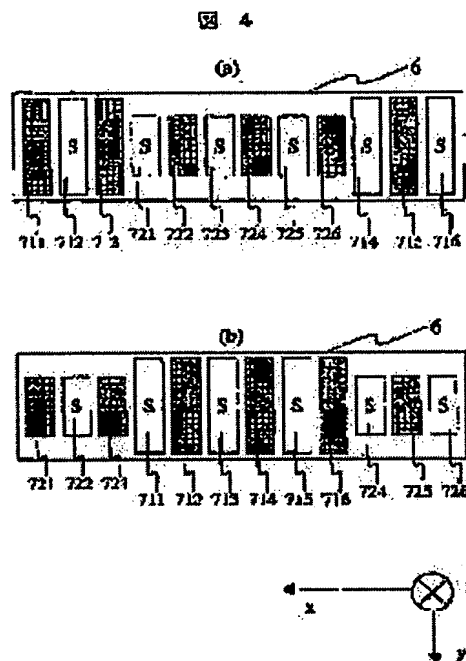
(72)Inventor : OKADA TAKASHI
KIN KOUCHIYUU
TAWARA KAZUO
MAKI KOJI
YAMAMOTO KOKI
TAKAHASHI MIYOSHI
MIYATA KENJI
TAKAHATA RYOICHI

(54) LINEAR MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase thrust and braking force of a mover by reducing the leakage of flux passing through a clearance between the pole teeth of an armature and generate thrust larger or smaller than that at the time of ordinary straight movement in a particular section.

SOLUTION: This linear motor consists of the armature and the mover having magnetism. The armature includes a first polarity pole having at least a first facing section and a second polarity pole having a second facing section. The mover is clamped at the second facing section, so that the magnetism of the mover is distributed differently, depending upon the position of a movable direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

9

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-142436
(P2002-142436A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 2 K 41/03

識別記号

F I
H 0 2 K 41/03

テ-マ-コード (参考)

A 5 H 6 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-340369 (P2000-340369)

(22) 出願日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 岡田 隆
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 金 弘中
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(74) 代理人 100075096
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

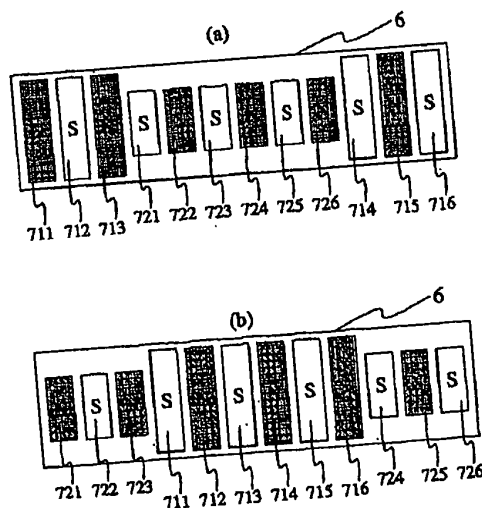
(54) 【発明の名称】 リニアモータ

(57) 【要約】

【課題】 電機子の磁極歯間の隙間を通る磁束の漏れを少なくして、可動子の推力・制動力を大きくするとともに、ある特定の区間において通常の直線移動時における推力よりも大きなあるいは小さな推力を発生させることにある。

【解決手段】 電機子と、磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、前記電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記可動子が前記第二の対向部に挟持され、該可動子の磁性の分布が可動方向の位置に応じて異なるようにする。

図 4



【特許請求の範囲】

【請求項1】電機子と、磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、前記電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記可動子が前記第二の対向部に挟持され、該可動子の磁性の分布が可動方向の位置に応じて異なることを特徴とするリニアモータ。

【請求項2】電機子と、磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、前記電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記可動子が前記第二の対向部に挟持され、該可動子の表面に極性の異なる永久磁石を配置し、該永久磁石の幅方向の長さが可動方向の位置に応じて異なることを特徴とするリニアモータ。

【請求項3】電機子と、磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、前記電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記可動子が前記第二の対向部に挟持され、該可動子の表面に極性の異なる永久磁石を配置し、該永久磁石として磁気特性が異なる永久磁石を可動方向の位置に応じて選択して配置することを特徴とするリニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リニアモータに関し、特に通常の直線移動時における推力よりも大きなあるいは小さな推力をある特定の区間において発生することに好適なリニアモータに関する。

【0002】

【従来の技術】リニアモータは、回転形モータの構成を水平に展開したものであり、次のような種類のものが存在する。例えば、リニア直流モータ（単極形・多極形）、リニア同期モータ、リニア誘導モータ、リニアパルスモータなどである。リニアパルスモータを例に挙げると、従来のリニアモータとしては、例えば、特開昭63-310361号公報に記載されているものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】リニアモータの応用される機械などには、十分な大きさの推力・制動力を必要とするものもあれば、そうでないものもある。また、機械によっては、ある特定の区間についてだけ大きな推力・制動力を必要とするものが考えられる。このようにある特定の区間についてだけ大きな推力・制動力を必要とする機械については、その必要とされる推力・制動力を発生する構造のリニアモータを全範囲に渡って利用することが考えられる。なお、リニアモータ自身が必要とされる推力・制動力を発生することのできない場合には、そ

の区間についてだけ別の特殊な動力源を用いて必要な推力・制動力を発生することが考えられる。

【0004】例えば、特開平11-243676号公報に記載されているように、移動子が移動方向に対してテーパ状の斜面を有し、電機子手段の電機子コアもこの斜面に対して等間隔となるように設けることで、移動子と電機子コアとの間に生じた吸引力の一部が移動方向に分力して従来の推力・制動力よりも大きな推力・制動力を発生させる機構を特定の区間に用いる方法がある。

【0005】しかし、特定の部分にテーパ状の斜面を構築する必要があり、特定の部分のみ構造を変える必要があり、製造上高価になる可能性があるという課題があった。

【0006】本発明の一つの目的は、直線移動時における推力・制動力よりも大きな推力・制動力をある特定の区間において発生することのできるリニアモータを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の一つの特徴は、電機子と磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性とを有し、可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、可動子が前記第二の対向部に挟持され、前記可動子における磁性を有する領域を所定の区間のみ異なるようにすることである。

【0008】または、電機子と磁性を有する可動子とからなるリニアモータであって、電機子が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性とを有し、可動子が前記第一の対向部に挟持され、かつ、可動子が前記第二の対向部に挟持され、前記可動子における磁性を所定の区間に応じて異なる磁性体を用いることが望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。

【0010】図1は、本発明の一実施形態によるリニアモータの構成図であり、その断面図を図2に示し、図3に、本実施形態のリニアモータの磁束流れの概念図を示す。また、図1に示す可動子6に取り付ける永久磁石の配置概の概要について図4、図5に示す。

【0011】図1において、1は磁極、11aは磁極1の上部磁極歯、12bは磁極1の下部磁極歯、2は磁極、21bは磁極2の下部磁極歯、22aは磁極2の上部磁極歯、3は電機子、4は電機子巻線、5は電機子鉄心、6は可動子、7は永久磁石、8は磁極1の上部磁極歯11aと磁極2の下部磁極歯21b（磁極1の下部磁極歯12bと磁極2の上部磁極歯22a）のギャップ、Psは同部磁極面の隣り合う磁極歯中心間の極ピッチである。電機子3は、その底部の電機子鉄心5の両側に磁

極 1, 2 を設け、断面がコ字状で上に開いた直線状の細長い電機子鉄心 5 に長手方向に電機子巻線 4 が巻回する。電機子 3 には、二つの磁極 1, 2 を持たせることになる。

【0012】磁極 1 は、その上面に磁極 2 に向って突起状の上部磁極歯 11a, 下部磁極歯 12b, …を持ち、磁極 2 は、その上面に磁極 1 に向って突起状の下部磁極歯 21b, 上部磁極歯 22a, …を持つ。すなわち、磁極 1 の突起状の $(2n-1)$ 番目 $(n=1, 2, 3, …)$ の磁極歯は上部、 $(2n)$ 番目 $(n=1, 2, 3, …)$ の磁極歯は下部になるように上下 2 段に分けて伸ばす。また、磁極 1 とは反対に、磁極 2 の突起状 $(2n-1)$ 番目 $(n=1, 2, 3, …)$ の磁極歯は下部、 $(2n)$ 番目 $(n=1, 2, 3, …)$ の磁極歯は上部になるように同じ 2 段に分けて伸ばす。磁極 1 と磁極 2 の上部磁極歯全体を上部磁極面、下部磁極歯全体を下部磁極面と定義すると、磁極 1 と磁極 2 の向かい合う磁極歯が互い違いになる磁極面を上部と下部 2 ヶ所に持たせる構造となる。

【0013】ここで、一番目の上部磁極歯 11a と下部磁極歯 21b を第一の対向部と定義し、2 番目の下部磁極歯 12b と上部磁極歯 22a を第二の対向部と定義する。よって、 $(2n-1)$ 番目は第一の対向部、 $(2n)$ 番目は第二の対向部になるような電機子構造となる。

【0014】また、各対向部の上部磁極歯と下部磁極歯の間に一定のギャップ 8 を設け、ギャップ 8 に磁性を有する可動子を通すと、可動子 6 が第一の対向部に挟持され、かつ、可動子 6 が前記第二の対向部に挟持された構造を形成する。

【0015】上記のようにすることにより、本実施形態のリニアモータ各対向部の上部磁極歯と下部磁極歯のギャップには磁束が上部と下部の磁極歯間を交番して上下に流れる電機子ユニットを形成し、ギャップを通して可動子 6 が相対移動する構造になる。

【0016】図 2 において、支持機構（電機子側）14 は電機子 3 側に相対移動する可動子 6 を支持し、支持機構（可動子側）15 は可動子 6 側に相対移動する可動子 6 を支持する機構である。可動子 6 は、支持機構 14, 15 に支持されてトンネルを通るようにギャップ 8 を相対移動する。

【0017】本実施形態のリニアモータでは、電機子 3 の磁極歯を上部と下部 2 ヶ所に持たせ、上部磁極歯と下部磁極歯間に可動子 6 が相対移動するが、可動子 6 の中心から上下磁極歯までの距離が同じであれば、可動子 6 と上部磁極歯に働く吸引力と可動子 6 と下部磁極歯に働く吸引力の大きさは同じであり、かつ、吸引力が働く方向は反対であるので、全体の吸引力を零に相殺する。このため、可動子 6 と電機子 3 の磁極歯間の吸引力を小さくすることができ、支持機構 14, 15 の負担を小さく

できる。

【0018】図 3 に、本実施形態のリニアモータの磁束流れの概念図を示す。電機子巻線 4 を励磁すると、磁極 1 に取り付けられている上下の磁極歯が N 極ならば、磁極 2 に取り付けられている上下の磁極歯は S 極となる。この場合、磁束は磁極 1 の上部磁極歯 11a から磁極 2 の下部磁極歯 21b に流れ、同じく磁極 1 の下部磁極歯 12b から磁極 2 の上部磁極歯 22a に磁束が流れるので、上部磁極面と下部磁極面のギャップ 8 には極ピッチ毎に磁束の流れの方向が反対になる。

【0019】このため、本実施形態のリニアモータにおける磁束の流れは、上部の磁極歯から可動子 6 の永久磁石 N 極、S 極を貫いて下部磁極歯に流れ、また、下部の磁極歯から可動子 6 の永久磁石 S 極、N 極を貫いて上部磁極歯に流れるようになることにより、有磁束の磁気回路の磁路が短くなり、磁気抵抗が小さく、有効磁束が増え、漏れ磁束が少なくなる。

【0020】因に、従来のクローボール形リニアモータは磁極面が 1 面であり、磁束の流れは、電機子の N 極歯から可動子の永久磁石 S 極、N 極を横に通って電機子の S 極歯に戻るように流れる。従って、有効磁束の磁気回路の磁路が長くなる。そのため、従来のクローボール形は磁気抵抗が大きくなり、可動子の永久磁石を通らずに電機子の N 極歯から隣の電機子の S 極歯に直接流れる漏れ磁束が多くなる。

【0021】このようなことから従来のリニアモータに比較して、同一のサイズでも大きな推力・制動力を実現することが可能である。

【0022】次に、図 4, 図 5 を用いて可動子 6 に配置される永久磁石の構成の例について説明する。

【0023】図 4 では、可動子 6 に配置する永久磁石の図 4 で示す y 軸方向の幅が配置場所によって異なる場合である。まず、図 4 の (a) に示すように、可動子 6 には、隣り合う磁極が異極になるように永久磁石 711 ~ 716 を複数個配置し、図 4 に示す Z 軸方向に着磁する。このとき、図 4 (a) では、中心付近の磁石の幅方向 (y 軸方向) を短くした場合である。また、図 4

(b) では、端部付近の磁石の幅方向 (y 軸方向) を短くした場合の例である。図 4 の (a) (b) に示すように、可動子 6 の場所に依じて永久磁石 711 ~ 716, 721 ~ 726 の幅を変更することで、可動子 6 の各場所によって発生する推力や制動力が異なる。つまり、可動子 6 の永久磁石 7 の幅が広い区間が上下磁極歯間にある場合と、可動子 6 の永久磁石 7 の幅が狭い区間が上下磁極歯間にある場合とでは、可動子に働く推力・制動力がことなる。このように、推力や制動力を減らしたい区間では、可動子 6 の永久磁石 7 の幅を短く設定し、逆に推力や制動力を増やしたい区間では、可動子 6 の永久磁石 7 の幅を広く設定することで可変にすることが可能となる。

【0024】また、図5では、可動子6に配置する永久磁石の材質を変更した場合の例である。図5の(a)では、ネオジウム磁石とフェライト磁石を混在して用いており、可動子6の端部にネオジウム磁石を用いて、可動子6の中央部にフェライト磁石を用いている。また、図5(b)では、逆に可動子6の端部にフェライト磁石、中央部にネオジウム磁石を用いた場合である。ネオジウム磁石とフェライト磁石では、異なる磁性体であるため、上下磁極歯において同じ磁束密度であっても発生する磁力が異なる。このため、異なる磁性体を用いることにより、可動子6に働く推力・制動力を可動子6の区間によって変更することができる。

【0025】以上のように、可動子6に働く推力・制動力を変更したい場合、可動子6に配置する永久磁石7のy軸方向の幅を変更する場合と異なる種類の磁石を配置する方法について説明したが、異なる種類の磁石と異なる幅の磁石を組み合わせると可動子6の永久磁石7の配置を設定してもよい。つまり、y軸方向に幅の狭いフェライト磁石とy軸方向に幅の広いネオジウム磁石を配置させる方法などがある。

【0026】次に、図1の電機子ユニットを直列または並列に複数個並べたリニアモータを説明する。図6は、図1の電機子ユニットを2個直列に並べたリニアモータを示す。

【0027】図6において、一般的には、電機子ユニットAの磁極歯aとその隣り合う電機子ユニットBの磁極歯bのピッチが $(k \times P + P/M)$ $\{(k=0, 1, 2, \dots), (M=2, 3, 4, \dots)\}$ になるように電機子ユニットAと電機子ユニットBを直列に並べる。ここで、Pは極ピッチ(極ピッチPは電機子磁極ピッチPs又は可動子極ピッチPmのどちらかを選ぶ)、Mはモータ相数を表わす。すなわち、図6では、 $k=1$ 、 $M=2$ となる。

【0028】図6において、電機子磁極ピッチPsと可動子極ピッチPmの値を同じにするか、又は異なっても良い。電機子磁極ピッチPsと可動子極ピッチPmの値を異なるようにすれば、永久磁石7と磁極歯間に働く推力脈動を低減する効果がある。可動子6には、隣り合う磁極が異極になるように永久磁石7を複数個配置し、図2に示すZ軸方向に着磁する。

【0029】図2に示すように、支持機構14、15によって可動子6を電機子ユニットAと電機子ユニットBの上下部磁極面間のギャップ8に支持し、電機子ユニットAと電機子ユニットBの電機子巻線4を交互に励磁すると、上部磁極面と下部磁極面のギャップ8には極ピッチ毎に反対方向に磁束が流れ、移動に必須な $P/2$ によって推力が発生し、可動子6が相対移動する。

【0030】このように、電機子ユニットを2個直列に並べることによって、可動子6が電機子ユニットAとBの上部磁極面と下部磁極面間のギャップ8を通るように

相対移動するリニアモータになる。

【0031】このとき、図6に示すように可動子6に配置される永久磁石7のy方向の幅を可動子の場所に応じて変更することで上下磁極歯間の磁束が一定であっても、可動子6に配置されている永久磁石7の磁力が異なるので可動子6の区間に応じて推力・制動力を可変にすることが可能である。

【0032】図6では、同じ種類の永久磁石7のy方向幅を可動子6の位置に応じて変更する方法を述べたが、ネオジウム磁石やフェライト磁石等異なる磁石を混在して用いることも可能である。

【0033】図6では、電機子ユニットを2個直列に並べることにについて説明したが、電機子ユニットを複数個直列に並べても同様である。

【0034】図7は、図1の電機子ユニットを2個並列に並べたリニアモータを示す。図7において、電機子ユニットAと電機子ユニットBを揃えて並列配置し、可動子として隣り合う磁極が異極になるように永久磁石7を複数個配置し、可動子6aと可動子6bを一体化して形成する。この際、可動子6aと可動子6bは、 $P/2$ ピッチだけずらせる。相対的に、可動子6aと可動子6bは揃えて電機子ユニットAと電機子ユニットBを $P/2$ ピッチだけずらせても良い。

【0035】また、図7の並列配置においても、図6の直列配置と同様に、電機子磁極ピッチPsと可動子極ピッチPmの値を同じにするか、又は異なっても良い。

【0036】図6と同様に、図2に示す支持機構14、15によって可動子6aと可動子6bをそれぞれ電機子ユニットAと電機子ユニットBの上下部磁極歯のギャップ8に支持し、電機子ユニットAと電機子ユニットBの電機子巻線4を交互に励磁すると、上部磁極面と下部磁極面のギャップ8には極ピッチ毎に反対方向に磁束が流れ、移動に必須な $P/2$ によって推力が発生し、可動子6が相対移動する。

【0037】このように、電機子ユニットを2個並列に並べ、2個の可動子を一体化することによって、可動子6aと可動子6bがそれぞれ電機子ユニットAとBの上部磁極面と下部磁極面間のギャップ8を通るように相対移動するリニアモータになる。

【0038】このとき、図7に示すように可動子6に配置される永久磁石7のy方向の幅を可動子の場所に応じて変更することで上下磁極歯間の磁束が一定であっても、可動子6に配置されている永久磁石7の磁力が異なるので可動子6の区間に応じて推力・制動力を可変にすることが可能である。

【0039】図7では、同じ種類の永久磁石7のy方向幅を可動子6の位置に応じて変更する方法を述べたが、ネオジウム磁石やフェライト磁石等異なる磁石を混在して用いることも可能である。

【0040】また、図7では、電機子ユニットを2個並

列に並べ、2個の可動子を一体化することについて説明したが、電機子ユニットを複数個並列に並べ、複数個の可動子を一体化しても同様である。

【0041】以上説明したように、電機子ユニットを直列または並列に複数個並べる際に、隣り合う電機子ユニットまたは隣り合う可動子のどちらか磁極歯のピッチが $(k \times P + P/M)$ $\{ (k=1, 2, 3, \dots), (M=2, 3, 4, \dots) \}$ になるように、各電機子ユニットまたは各可動子のそれぞれを一体化にして配置すれば、お互いに相対移動が可能である。ここで、Pは極ピッチ、Mはモータの相数を表わす。

【0042】図8は、本発明の他の実施形態による電機子ユニットの直列配置の概略図である。図8では、電機子ユニットを4個並べ、2個の電機子ユニットを1相とし、極ピッチをPとすると、同相間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯のピッチを $(k \times P)$ $\{ (k=1, 2, 3, \dots) \}$ 、異極間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯ピッチを $(k \times P + P/M)$ $\{ (k=1, 2, 3, \dots), (M=2, 3, 4, \dots) \}$ $\{ k \text{は隣り合う電機子ユニットの配置可能範囲で自由に選べる数、} M \text{はモータ相数} \}$ とする2相のリニアモータの直列配置を示す。

(a)は電機子ユニットのA相、B相、A相、B相の配置、(b)は電機子ユニットのA相、A相、B相、B相の配置である。

【0043】図8のように、多数の電機子ユニットを1相として配置することにより、大きな推力が得られるリニアモータになる。ここで、図8に、電機子ユニットを4個並べ、2個の電機子ユニットを1相としたリニアモータを示したが、電機子ユニットを複数個直列に並べても同様である。また、電機子ユニットを複数個並列に並べ、複数個の可動子を一体化しても同様である。

【0044】図9は、本発明の可動子について他の実施形態を示す。図1の可動子6は、隣り合う磁極が異極になるように永久磁石7を複数個配置したが、図9に示す可動子6は、永久磁石7の代わりに平板状の強磁性体を用い、この強磁性体の両面には一定間隔ごとに凸の磁極歯13を設ける。

【0045】平板状の強磁性体の両面に凸の磁極歯13を設けると、電機子の磁極面との間で磁気抵抗が変化する。すなわち、凸の磁極歯13と電機子の磁極面との間の磁気抵抗は、強磁性体の平板部16と電機子の磁極面との間の磁気抵抗より小さい。この磁気抵抗の変化を利用すると、移動自在な可動子となる。

【0046】ここで、凸の磁極歯13を強磁性体にし、平板部16に永久磁石を設けることにより、複合型可動子にすることも可能である。また、凸の磁極歯13を強磁性体にして平板部16を非磁性体とする組み合わせにしても良い。

【0047】更に、図9に示すように磁極歯13のサイズを異なるように設けることで、可動子6の場所によって推力・制動力を可変にすることが可能である。

【0048】以上説明したように、有効磁束の磁気回路の磁路が短くなり、磁極歯の漏れ磁束を少なくすることができ、推力・制動力を大きくすることが可能となり、可動子の個所に応じて推力・制動力を可変にすることができる。

【0049】また、可動子の進行方向と垂直に働く可動子と電機子間の全体の吸引力を零に相殺し、このため、可動子と電機子の磁極面間の吸引力を小さくすることができ、支持機構の負担を小さくすることができる。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、特定区間で他の区間より大きな推力・制動力を容易に発生できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるリニアモータの構成図。

【図2】図1のリニアモータの断面図。

【図3】図1のリニアモータの磁束流れの概念図。

【図4】本発明における可動子の実施形態概略図。

【図5】本発明における可動子の別の実施形態概略図。

【図6】本発明の電機子ユニットを2個直列に並べたリニアモータ。

【図7】本発明の電機子ユニットを2個並列に並べたリニアモータ。

【図8】本発明の他の実施形態による電機子ユニットの直列配置概略図。

【図9】本発明における可動子の他の実施形態概略図。

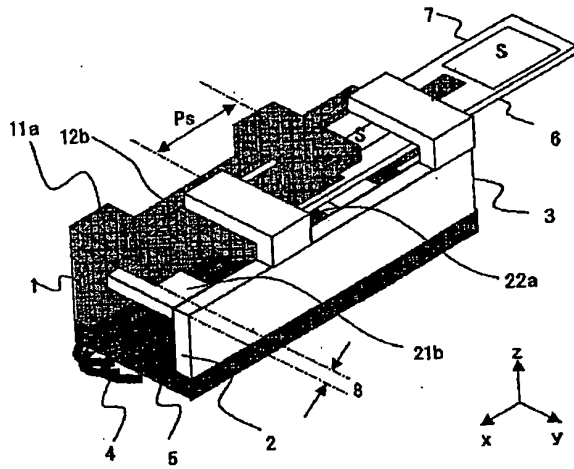
【符号の説明】

1…磁極、11a…磁極1の上部磁極歯、12b…磁極1の下部磁極歯、2…磁極、21b…磁極2の下部磁極歯、22a…磁極2の上部磁極歯、3…電機子、4…電機子巻線、5…電機子鉄心、6…可動子、7…永久磁石、8…ギャップ、13…凸の磁極歯、14…相対移動の支持機構（電機子側）、15…相対移動の支持機構（可動子側）、16…強磁性体の平板部、31A…磁極ユニット。

(6)

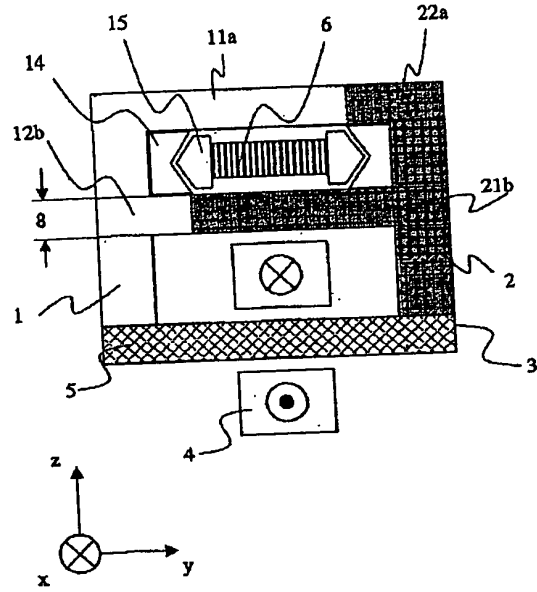
【図 1】

図 1



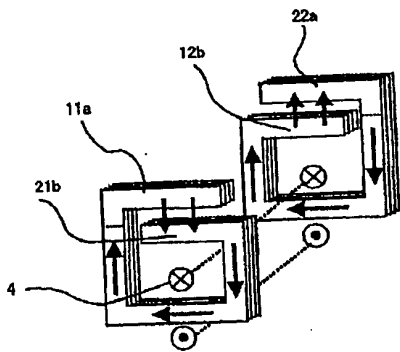
【図 2】

図 2



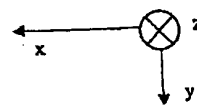
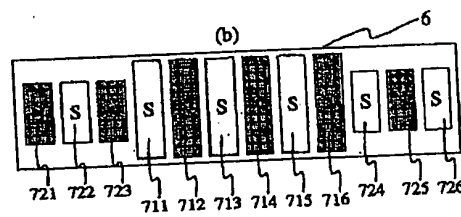
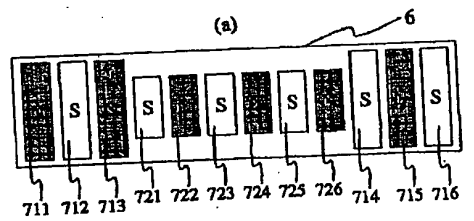
【図 3】

図 3

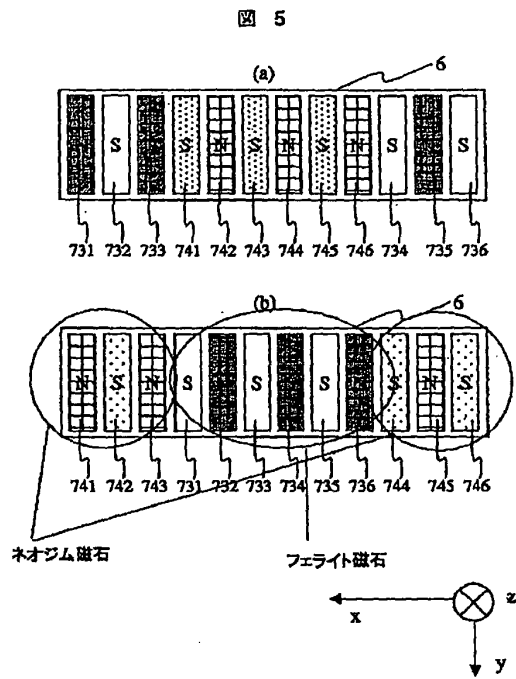


【図 4】

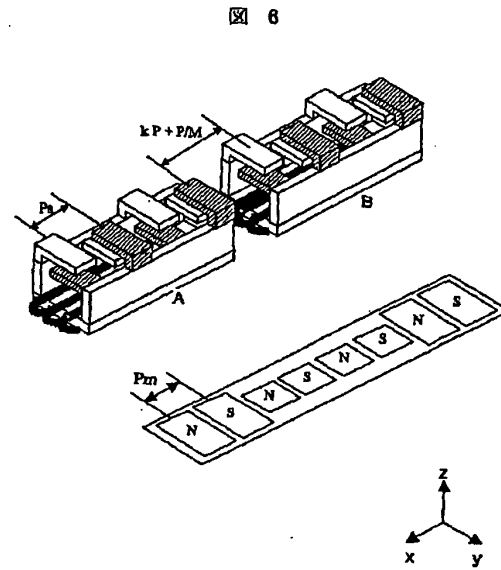
図 4



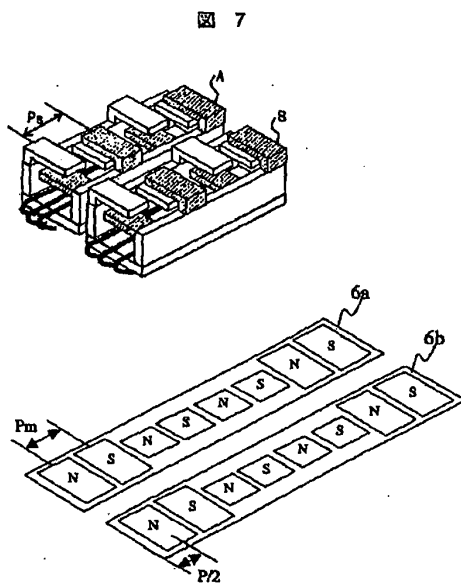
【図5】



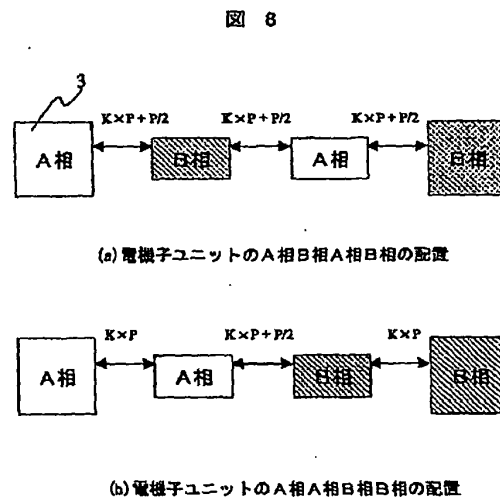
【図6】



【図7】

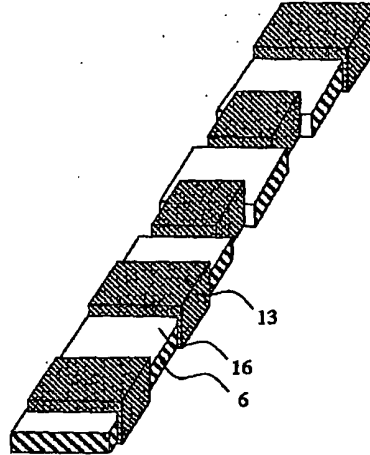


【図8】



【図9】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 田原 和雄
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 牧 晃司
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 山本 弘毅
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 高橋 身佳
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 宮田 健治
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 高畑 良一
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 5H641 BB06 BB14 BB19 GG02 GG04
GG08 HH03